

ارزیابی اثر تنش خشکی بر پایداری غشای سلولی، سرعت فتوسنتز، محتوی نسبی آب و عملکرد دانه چهار رقم لوبیا چیتی

حسین نظری ناسی^{۱*}، فرهاد جباری^۲، محمدرضا عظیمی^۳ و میثم نوروزیان^۴
۱، دانشجوی دکتری دانشگاه ارومیه، ۲، ۳، ۴، استادیاران و کارشناس ارشد دانشگاه زنجان
(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۰ - تاریخ تصویب: ۹۱/۵/۳)

چکیده

لوبیا چیتی گیاهی حساس به تنش خشکی است، در عین حال در این گیاه از لحاظ مقاومت به خشکی تنوع ژنتیکی مشاهده می شود. به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر ویژگیهای فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام لوبیا چیتی کشت شده در استان زنجان، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده بر پایه بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان انجام شد. سطوح آبیاری (شاهد و تنش خشکی) در کرت های اصلی و ارقام لوبیا چیتی (تلاش، COS16، محلی خمین و G14088)، در کرت های فرعی قرار داده شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که رقم COS16 از بیشترین میزان فتوسنتز (۴/۰۶۹ میکرو مول دی اکسید کربن بر متر مربع بر ثانیه)، پایداری غشای سلولی (۲۱/۷۷ درصد) و محتوی نسبی آب (۶۹/۳۴ درصد) در شرایط تنش خشکی برخوردار بود. در ضمن میزان کاهش فتوسنتز و محتوی نسبی آب در رقم COS16 نسبت به سایر ارقام در شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد کمتر بود. همین رقم حداکثر عملکرد دانه را در شرایط تنش داشت (۱۳۴۶ کیلوگرم در هکتار) و میزان کاهش عملکرد دانه آن در شرایط تنش نسبت به شاهد کمتر از سایر ارقام بود. بنابراین به نظر می رسد ارقامی که بتوانند در شرایط تنش خشکی، یکپارچگی غشای سلولی خود را حفظ کنند، از سرعت فتوسنتز بالاتری برخوردار بوده و عملکرد بیشتری خواهند داشت.

واژه های کلیدی: لوبیا چیتی، تنش خشکی، پایداری غشای سلولی، محتوی نسبی آب،
سرعت فتوسنتز

مقدمه

عملکرد گیاهان زراعی تحت تاثیر شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی و اثر متقابل آنها است. تنش های زنده و غیر زنده از عوامل مهم کاهش تولید محصولات زراعی محسوب می شوند (Entz & Flower, 1990). از بین تنش های محیطی، تنش خشکی بیش از هر عامل دیگری رشد گیاه و تولید محصول زراعی را محدود

می کند (Huang & jiang, 2004). تنش خشکی در حال و آینده مهم ترین چالش پیش روی تولید محصولات کشاورزی بخصوص در کشورهای در حال توسعه خواهد بود (Entz & Flower, 1990). تنش خشکی متوسط تا شدید می تواند بیوماس، تعداد دانه در بوته، دانه در غلاف، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه لوبیا را کاهش دهد (Ramírez-Vallejo & Kelly, 1998). مشخص

منجر به کاهش محتوای آنزیم ریبولوز ۱ و ۵- بیس فسفات کربوکسیلاز، می‌شود. (Flexas & Medrano, 2002)

محتوای نسبی آب (RWC) یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم است که همبستگی خوبی با مقاومت به خشکی نشان می‌دهد (Colom & Vazzana, 2003). در لوبیا ژنوتیپ‌هایی با محتوای آب نسبی بالا، عملکرد دانه بالایی تولید می‌نمایند، این ژنوتیپ‌ها از راه حفظ توازن آب در برگ‌ها تنش خشکی را بهتر تحمل میکنند و از آنجایی که در بسیاری از مطالعات وراثت-پذیری بالاتری برای این صفت نسبت به عملکرد در شرایط تنش خشکی گزارش شده است، انتخاب بر اساس آن برای تحمل به خشکی بهتر است (Bayoumi et al., 2008).

بالا بودن محتوای نسبی آب، در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در لوبیا می‌تواند به خاطر وجود سازوکارهای کاهش دهنده تلفات آب از راه روزنه‌ها (بسته شدن روزنه‌ها) و یا به واسطه جذب بیشتر آب از طریق گسترش و توسعه سیستم ریشه‌ای باشد (Rigoberto et al., 2004). هنگامی که آب به میزان کافی وجود داشته باشد و ریشه‌ها نیز آب را جذب کنند، محتوای نسبی آب بین ۸۵ تا ۹۵ درصد متغیر است، اما هنگامی که گیاه در شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرد و با کمبود آب مواجه می‌شود، محتوای نسبی آب تا حدود ۵۰٪ و یا پایین‌تر بسته به نوع گونه گیاه و بافت مورد نظر، کاهش می‌یابد (Taize & Zaiger, 2007).

طی تنش خشکی در لوبیا چشم‌بلبلی، محتوای نسبی آب، کاهش می‌یابد و محتوای نسبی آب، همبستگی مثبتی با هدایت روزنه‌ای ($r=0.71$) نشان می‌دهد (Anyia & Herzog, 2004).

اهداف این آزمایش عبارتند از (۱) بررسی واکنش ارقام مختلف لوبیا چیتی از لحاظ عملکرد به تنش خشکی در مرحله گلدهی، (۲) تعیین محتوای نسبی آب و سرعت فتوسنتز ارقام در شرایط شاهد و تنش خشکی (۳) تعیین میزان پایداری غشاء سلولی ارقام در دو مرحله ۳۰ روز بعد از کاشت و گلدهی (۴) تعیین همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی.

شده است که تحت تنش، پلاسما لما از نخستین اندام‌هایی است که آسیب می‌بیند (Levitt et al, 1980)، در نتیجه ی صدمه به غشای سلولی، تراوایی آن افزایش یافته و نشت الکترولیتی از سلول باعث مرگ آن می‌شود (Blume & Ebercon, 1981). تولید و تجمع گونه‌های سمی اکسیژن نظیر رادیکال‌های سوپر اکسید، هیدروژن پراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل در شرایط تنش خشکی به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زند (Jiang & Huang, 2001). غشاءهای بیولوژیک اولین هدف تنش‌های غیر زنده می‌باشند و به طور کلی محافظت و نگهداری از غشاءها تحت شرایط تنش بخش عمده‌ای از تحمل به خشکی در گیاهان می‌باشد (Dhanda & sthi, 2002). محققین نشان دادند که پایداری غشاء سلولی یکی از صفات مهم برای انتخاب ارقام برای تحمل به خشکی می‌باشد (Saneoka et al., 2004). غشاء سلولی اولین محل آسیب در اثر تنش می‌باشد (Huang & Jiang, 2001). پایداری غشاء سلولی که تحت تنش خشکی یکی از صفات مهم در تحمل خشکی و تقریباً خصوصیت عمده تمام مکانیزم‌های تحمل تنش اسمزی است می‌تواند به عنوان معیاری از تحمل به تنش‌های خشکی و گرما در نظر گرفته شود (Kumar, 2004). فتوسنتز تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است (Kobata et al., 1992). در شرایط تنش خشکی در لوبیا بسته شدن روزنه‌ها میزان فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Liu et al., 2004). با تشدید تنش خشکی، در لوبیا چشم‌بلبلی، مشخص شد که سرعت فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای، کاهش و غلظت دی‌اکسید کربن درونی افزایش می‌یابد، همچنین کاهش سرعت اسیمیلاسیون عمدتاً به خاطر بسته شدن روزنه‌ها بود با این حال بعضی محدودیت‌های ناشی از تنظیم غیر روزنه‌ای نیز مشاهده شده بود.

(Anyia & Herzog, 2004) بسته شدن روزنه اولین پاسخ به خشکی بوده و عامل اصلی محدود کننده فتوسنتز در خشکی خفیف تا متوسط است. ولی به موازات تشدید تنش، بازدارندگی فرآیندهای متابولیکی

وتلاش) که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، تهیه شده بود، استفاده شد. خاک مزرعه محل آزمایش از نوع لوم رسی بوده که برخی مشخصات آن در جدول (۱) ذکر شده است.

مواد و روش ها

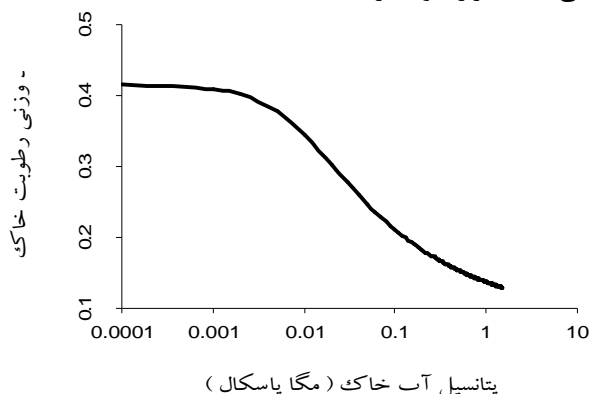
این تحقیق در سال ۱۳۸۷ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، واقع در ۵ کیلومتری جاده زنجان - تبریز انجام شد. در این تحقیق از چهار رقم لوبیا چیتی (G14088.COS16، محلی خمین

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	اسیدیته (pH)	ماده آلی (%)
۲۶۶	۵/۶	۰/۰۷	۴۲	۲۷	۳۱	۸/۱۸	۱/۲۱

این آزمایش سطوح آبیاری (شاهد و تنش خشکی) در کرت‌های اصلی و ارقام (G14088.COS16، محلی خمین وتلاش) در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. بلافاصله پس از کاشت اولین آبیاری صورت گرفت و پس از آن آبیاری تمامی کرتها به صورت منظم تا مرحله گلدهی انجام شد و سپس تیمارهای تنش اعمال شد. تنش خشکی زمانی اعمال می شد که پتانسیل آب خاک به $-3/5$ مگا پاسکال می رسید. (Jabbari et al., 2006) برای تعیین پتانسیل خاک هم از منحنی رطوبتی خاک استفاده می شد. منحنی رطوبتی خاک که ارتباط بین درصد رطوبت وزنی خاک و پتانسیل آب را نشان می دهد (شکل ۱)، توسط آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه زنجان ترسیم گردید.

زمین محل اجرای آزمایش در پائیز سال ۱۳۸۶ شخم و در اواسط اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ دیسک زده شد. سپس با استفاده از لولر تسطیح و به صورت جوی و پشته در آمد. کود اوره به میزان ۲۵ کیلو گرم نیتروژن در هکتار، کود پتاس به میزان ۵۰ کیلو گرم K_2O در هکتار و کود فسفر نیز از منبع فسفات آمونیوم به میزان ۷۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. عملیات کاشت در تاریخ ۱۰ خرداد ماه انجام پذیرفت. تراکم مزرعه بر طبق توصیه‌های انجام شده توسط مرکز تحقیقات کشاورزی در نظر گرفته شد. بنابراین فاصله دو بوته روی ردیف ۱۰ سانتی متر و فاصله بین ردیف ها ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. طرح آزمایشی مورد استفاده در این آزمایش کرت‌های خرد شده، بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار بود. در



شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک محل انجام آزمایش

نیم متر آخر برای حذف اثرات حاشیه‌ای چشم پوشی شد و از دیگر قسمت های کرت نمونه برداری با رعایت شرط تصادفی بودن انجام گرفت.

تیمار شاهد نیز بر حسب روال معمول هر هفته یک بار آبیاری شد. برای اندازه‌گیری کلیه صفات آزمایشی، دو خط کناری هر کرت و از هر کرت، از نیم متر اول و

پایداری غشاء در دو مرحله اندازه گیری شد

مرحله اول: ۳۰ روز پس از کاشت

مرحله دوم: در مرحله گلدهی

در مرحله ۳۰ روز بعد از کاشت برای اندازه گیری پایداری غشا سلولی از پلی اتیلن گلیکول استفاده شد، به این ترتیب که پس از نمونه گیری بخش میانی برگ‌ها به قطعات ۱ سانتی متر بریده شد سپس ۰/۳ گرم از این تکه های برگگی انتخاب با آب مقطر ۳ مرتبه شسته شدند. قطعات برگگی در ظروف کوچک حاوی ۲۵ میلی لیتر آب مقطر (شاهد) و ۲۵ میلی لیتر محلول ۴۰ در صد پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (تیمار) قرار داده شدند. پتانسیل اسمزی این غلظت از PEG، ۱/۴- مگا پاسکال بود. سپس تمام نمونه‌ها در انکوباتور ۱۰ درجه سانتی-گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. بعد از زمان ذکر شده مایع موجود در ظروف خارج و نمونه‌های برگگی دو بار شسته شدند، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با PEG مجدداً به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد در آب مقطر (۲۵ میلی لیتر) قرار گرفتند. هدایت الکتریکی این محیط با قرائت مستقیم هدایت سنج در انتهای انکوباسیون اندازه گیری شد (قرائت مرحله اول، اندیس ۱). سپس ظروف حاوی نمونه و آب مقطر به مدت ۱۵ دقیقه در فشار ۱/۳ بار اتوکلاو شدند و هدایت الکتریکی نهایی آنها اندازه گیری شد (قرائت دوم، اندیس ۲). در خاتمه درصد آسیب غشاء سلول بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (Sullivan, 1979). در اینجا T و C به ترتیب به هدایت الکتریکی تیمار (تنش) و شاهد اشاره می کند و اندیس ۱، ۲ به ترتیب قابلیت هدایت الکتریکی اولیه و نهایی را نشان می دهد.

$$100 \times \left[\frac{1 - (T_1/T_2) - (C_1/C_2)}{1 - (T_1/T_2)} \right] = \text{درصد}$$

خسارت به غشاء سلولی

در مرحله گلدهی نیز از این روش استفاده شد ولی به جای استفاده از محلول PEG از نمونه های کرت تنش استفاده شد.

سرعت فتوسنتز

اندازه گیری سرعت فتوسنتز یک هفته بعد از گلدهی در پتانسیل ۳/۵- مگاپاسکال صورت گرفت. به منظور اندازه گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرو مول CO₂ در متر مربع در ثانیه)، از دستگاه

تحلیل گر گاز مادون قرمز (IRGA, model: LCA4, ADC Bioscientific Ltd. Hoddeston, UK) استفاده شد.

تمامی اندازه گیری‌ها در ساعت ۱۲-۱۰ صبح و در شدت نور معادل ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد (Ahmad et al., 2002; Yang et al., 1991).

زیرا در شدت نور معادل با ۱۰۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه هدایت روزنه‌ای به حداکثر می‌رسد. قبل از شروع اندازه‌گیری دستگاه به مدت ۱۰ دقیقه روشن شد تا اصطلاحاً گرم شود. برای اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز، قسمت میانی آخرین برگ کاملاً توسعه یافته در اتاقک شیشه‌ای انبر دستگاه قرار داده شد. و پس از یک دقیقه که شرایط درونی اتاقک به حالت ثبات رسید (Fischer et al., 1998) داده‌های مربوط ثبت شد.

(a) محتوای نسبی آب

محتوی نسبی آب (RWC) نیز همزمان با سرعت فتوسنتز یک هفته بعد از گلدهی اندازه گیری شد. به منظور تعیین اثر خشکی بر روابط آبی و نیز تعیین ارتباط پارامترهای تبادلات گازی با محتوای نسبی آب، این صفت در مرحله ی گلدهی و بعد از اعمال تنش همزمان با تبادلات گازی اندازه‌گیری گردید. بدین ترتیب که آخرین برگ توسعه یافته نمونه برداری شد. بعد از اندازه‌گیری تبادلات گازی در یک برگ، همان برگ از محل اتصال پهنک با قیچی جدا و در فویل آلومینیوم پیچیده شد و در داخل یک کیسه پلاستیکی قرار گرفت و در یخچال یونولیتی (عایق گرما) نگهداری شد تا تبادل بخار آب بین برگ و محیط به حداقل برسد. بلافاصله نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و برگ‌ها به قطعات یک سانتی متری تقسیم شدند. وزن تازه آنها تعیین شد و برای تعیین وزن آماسیده، قطعه‌های برگگی ۱۸-۱۶ ساعت در دمای اتاق (تقریباً ۲۰ درجه سانتی گراد) در آب مقطر قرار داده شدند. پس از این مدت، این قطعه‌ها به سرعت و با دقت وزنشان تعیین گردید.

آنگاه قطعه‌های برگگی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفتند تا وزن خشک آنها نیز از طریق توزین بدست آید. محتوای نسبی آب از طریق رابطه زیر بدست آمد.

دو رقم دیگر بیشتر بود. رقم COS16 با وجود اینکه عملکرد پایینی در شرایط شاهد داشت بیشترین میزان عملکرد را در شرایط تنش دارا بود از طرفی رقم تلاش با وجود دارا بودن بیشترین عملکرد دانه در شرایط شاهد کمترین میزان عملکرد دانه را در شرایط تنش از خود نشان داد.

سرعت فتوسنتز

نتایج تجزیه واریانس تأثیر معنی‌دار سطوح تنش، ارقام و اثر متقابل آنها را در سطح یک درصد بر روی سرعت فتوسنتز نشان داد (جدول ۲). فتوسنتز کلیه ارقام مورد بررسی در شرایط تنش نسبت به شاهد به صورت معنی داری کاهش یافت (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین (جدول ۳) نشانگر آن بود که رقم تلاش در شرایط شاهد بیشترین میزان فتوسنتز را دارا بود و بین سایر ارقام تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در شرایط تنش نیز سرعت فتوسنتز رقم تلاش و COS16 به ترتیب کمتر و بیشتر از سایر ارقام بود. میزان کاهش فتوسنتز در ارقام تلاش، G14088 محلی خمین و COS16 به ترتیب ۷۶، ۶۳، ۷۷ و ۶۴ درصد بود. بنابراین بیشترین میزان کاهش فتوسنتز در شرایط تنش نسبت به شاهد در ارقام تلاش و G14088 مشاهده شد. کمترین میزان کاهش نیز در ارقام محلی خمین و COS16 به چشم می خورد. همچنین سرعت فتوسنتز در شرایط تنش با میزان عملکرد دانه در واحد سطح دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود (**۰/۷۹) (جدول ۶). به عبارت دیگر ارقامی که در شرایط تنش خشکی فتوسنتز بالاتری داشته باشند، از عملکرد دانه بالاتری نیز برخوردار خواهند بود. رقم COS16 که در شرایط تنش (نسبت به شاهد) کمترین میزان کاهش عملکرد و بیشترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داده بود، دارای کمترین میزان کاهش فتوسنتز و بیشترین میزان سرعت فتوسنتز در شرایط تنش بود. تعدادی از محققین گزارش داده‌اند که در گیاهان حساس کاهش رشد و میزان فتوسنتز در اثر تنش خشکی بیشتر از گیاهان متحمل بوده است (Loggini et al., 1999). تنش خشکی موجب کاهش سرعت فتوسنتز در بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌شود (Condon et al., 1999).

$100 \times [(\text{وزن خشک} - \text{وزن آماسیده}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})]$ = محتوای نسبی آب (%).
عملکرد دانه

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه نیز از سه خط وسط کرت با رعایت اصول نمونه برداری مساحتی معادل ۳ متر مربع به صورت کف بر برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد و مورد ارزیابی قرار گرفت و مقادیر بدست آمده برای انجام محاسبات آماری به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد.

تجزیه های آماری

تجزیه واریانس صفات و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال اشتباه ۵ درصد توسط نرم افزار MSTATC انجام گرفت. ضرایب همبستگی بین کلیه صفات مورد اندازه‌گیری به همراه سطح معنی‌دار شدن آنها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۵ محاسبه شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تنش، ارقام و اثر متقابل آنها در سطح یک درصد بر عملکرد دانه لوبیا چیتی معنی دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) اختلاف معنی‌داری را بین ارقام در شرایط آبیاری مطلوب نشان داد. در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم تلاش و سپس رقم محلی خمین به ترتیب به میزان ۳۲۸۵ و ۲۹۱۵ کیلوگرم بر هکتار بود اما بین دو رقم G14088 و COS16 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط اعمال تنش بیشترین عملکرد دانه لوبیا چیتی به میزان ۱۳۴۶ کیلوگرم بر هکتار از رقم COS16 به دست آمد و کمترین آن به میزان ۱۰۴۳ کیلوگرم بر هکتار در رقم تلاش مشاهده شد. به طور کلی اعمال تنش باعث کاهش ۶۱ درصدی عملکرد دانه لوبیا چیتی نسبت به شرایط شاهد شد. تنش خشکی تأثیر چشمگیری بر روی کاهش عملکرد داشت. میزان کاهش عملکرد دانه در ارقام تلاش، G14088 محلی خمین و COS16 به ترتیب ۶۸، ۵۷، ۶۲ و ۵۳ درصد بود. کاهش عملکرد دانه در دو رقم تلاش و محلی خمین نسبت به

سرعت اسپمیلاسیون خالص حساس‌ترین جزء
ظرفیت بیوشیمیایی به تنش کم آبی است و می‌تواند
نقطه کنترل کلیدی تحمل خشکی باشد (Kruger et al., 1995).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، سرعت فتوسنتز و محتوی نسبی آب ارقام لوبیا چیتی در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	سرعت فتوسنتز	محتوای نسبی آب
تکرار	۳	۴۹۳۶۳۱/۲۵ *	۲/۸۲۱ ^{n.s}	۴۰/۲۴۵ ^{n.s}
سطح تنش	۱	۲۵۷۰۴۴۵۰ ^{**}	۴۸۴/۰۸۹ ^{**}	۲۸۱۷/۳۷۷ ^{**}
خطای a	۳	۵۴۳۴۷/۹۱۷	۱/۱۲۱	۱۲/۰۰۵
ارقام	۳	۶۸۷۰۴/۱۶۷ ^{**}	۲/۶۴۲ ^{**}	۳۷/۷۲۶ *
رقم × سطح تنش	۳	۲۱۵۹۰۸/۳۳۳ ^{**}	۳/۶۹۹ ^{**}	۴۸/۷۶۵ ^{**}
خطای b	۱۸	۳۲۸۱/۲۵	۰/۴۰۱	۷/۶۳۴
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۷۸	۸/۹۵	۳/۷۸

n.s، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح احتمال اشتباه ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح تنش (شاهد، تنش خشکی) و ارقام لوبیا چیتی (تلاش، G14088، محلی خمین، COS16) از لحاظ عملکرد دانه، سرعت فتوسنتز و محتوی نسبی آب

میانگین				
تیمار	ارقام	عملکرد (kg/ha)	سرعت فتوسنتز ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	محتوای نسبی آب (%)
آبیاری مطلوب	تلاش	^a ۳۲۸۵	^a ۱۱/۸۰	^a ۸۱/۶۱
	G14088	^c ۲۷۵۱	^b ۳۸۹/۹	^a ۸۲/۵۱
	محلی خمین	^b ۲۹۱۵	^a ۲۹/۱۱	^a ۸۴/۸۵
تنش در مرحله گلدهی	COS 16	^b ۲۸۷۱	^a ۱۱/۳۶	^a ۸۰/۷۷
	تلاش	^f ۱۰۴۳	^d ۲/۷۱۶	^d ۵۹/۸۴
	G14088	^e ۱۱۷۹	^{cd} ۳/۳۰۱	^{cd} ۶۰/۸۶
محلی خمین	COS 16	^d ۱۳۴۶	^c ۴/۰۶۹	^b ۶۹/۳۴
	محلی خمین	^f ۱۰۸۵	^d ۲/۶۳۴	^c ۶۴/۶۳

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری با هم ندارند.

محتوای نسبی آب

در شرایط تنش دارای بالاترین میزان محتوای نسبی آب بود، و ارقام محلی خمین G14088 و تلاش به ترتیب بعد از این رقم قرار گرفتند. بالا بودن محتوی نسبی آب رقم COS16 در شرایط تنش خشکی احتمالا به دلیل سیستم ریشه‌ای قوی‌تر این رقم بوده است. محتوای نسبی آب همبستگی مثبت و معنی داری ($0/49^*$) با عملکرد دانه در شرایط تنش داشت (جدول ۶).

این صفت همچنین همبستگی خوبی با سرعت فتوسنتز ($0/44^*$) نشان داد (جدول ۶). بنابر این می‌توان گفت ارقامی که در شرایط تنش خشکی از محتوی نسبی آب بالاتری برخوردار باشند، سرعت فتوسنتز و

نتایج تجزیه واریانس محتوای نسبی آب در شرایط تنش نشان داد که سطوح تنش خشکی و اثر متقابل تنش و ارقام در این مرحله اثر معنی داری در سطح یک درصد بر محتوای نسبی آب داشت، اثر ارقام نیز در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که اگر چه در چهار رقم محتوای نسبی آب در شرایط تنش نسبت به شرایط شاهد کاهش یافته بود، اما واکنش ارقام به تنش خشکی متفاوت بود. میزان کاهش محتوی نسبی آب در ارقام تلاش، G14088، محلی خمین و COS16 به ترتیب ۲۶/۶، ۲۶/۲۳، ۲۳ و ۱۴ درصد بوده است. رقم COS16

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از لحاظ میزان خسارت به غشای سلولی در ۳۰ روز بعد از کاشت تفاوت معنی داری بین ارقام در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین در این مرحله نشان داد که رقم COS16 و محلی خمین به ترتیب پایدارترین و آسیب پذیرترین غشاء سلولی را در بین ارقام مورد بررسی دارا بودند. (جدول ۵) میزان پایداری غشاء سلولی ارقام تلاش و G14088 هم بینابین بود. تولید و تجمع گونه‌های سمی اکسیژن نظیر رادیکال‌های سوپر اکسید، هیدروژن پر اکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل در شرایط تنش خشکی به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربو هیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زند (Jiang and Huang, 2001) و در نتیجه پراکسیداسیون چربی‌ها (Liang et al., 2003) غشاء سلولی آسیب می‌بیند. مشخص شده است که تحت شرایط تنش، پلاسما لاما از نخستین اندام‌هایی است که آسیب می‌بیند (Levit et al., 1980). در نتیجه صدمه به غشاء سلولی، تراوایی افزایش یافته و بدین ترتیب نشت الکترولیتی از سلول باعث پژمردگی گیاه می‌شود (Blum & Ebercon, 1981). یک استراتژی مهم در توسعه مقاومت به خشکی در گیاهان، حفاظت غشاء سلولی در طی مواجهه با تنش کم آبی است (Vasquez-Tello, 1990). نتایج تجزیه واریانس درصد خسارت به غشاء سلولی در مرحله گلدهی هم اختلاف معنی داری را بین ارقام در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴).

نهایتاً عملکرد دانه بیشتری خواهند داشت. اختلاف در میزان این صفت ممکن است نشان دهنده تأثیر متفاوت تیمارها برای جذب آب از خاک و یا توانایی هدر روی آب از طریق روزنه‌ها و یا اختلاف در توانایی گیاهان برای تجمع و تنظیم اسمزی برای حفظ تورژسانس بافت و افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیکی باشد و همچنین محتوای نسبی آب بالا، توانایی گیاهان را برای تنظیم اسمزی و حفظ رشد در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد.

هرچند محتوای نسبی آب بالا یک واکنش سازگاری به تنش خشکی می‌باشد ولی از آنجایی که در شرایط تنش هدف افزایش عملکرد است ژنوتیپ‌هایی مهم هستند که علاوه بر دارا بودن صفات سازگار به تنش، عملکرد دانه بالایی نیز داشته باشند. بنابراین یک صفت به تنهایی نمی‌تواند مبنای گزینش قرار بگیرد. با این وجود محققین هبستگی مثبت و خوبی را بین محتوای نسبی آب و میزان فتوسنتز بیان کرده‌اند (Korir et al., 2006). ژنوتیپ‌هایی که از وضعیت آبی بهتری برخوردار باشند، سرعت فتوسنتز و تعرق و نهایتاً عملکرد دانه بیشتری خواهند داشت (Merah, 2001). براساس نتایج این تحقیق می‌توان دریافت که بین ارقام لوبیا چیتی از نظر مقاومت به تنش خشکی تنوع وجود داشته و ارقامی که دارای بیشترین فتوسنتز و محتوای نسبی آب بوده و پایداری غشای بالاتری داشته باشند در شرایط کم آبی از عملکرد بالاتری برخوردار خواهند بود.

درصد خسارت به غشای سلولی

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس درصد خسارت به غشاء سلولی ارقام لوبیا چیتی در ۳۰ روز بعد از کاشت و مرحله گلدهی

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
گلدهی	۳۰ روز بعد از کاشت		
^{n.s} ۲/۳۴۸	^{n.s} ۸/۶۲۶	۳	تکرار
۵۸۹/۰۷۳**	۲۵۲/۷۶۷**	۳	رقم
۱۵/۴۹۲	۱۰/۱۵۷	۹	خطا
۱۱/۳۷	۱۵/۶۶		ضریب تغییرات (%)

و* معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

سلولی در مرحله ۳۰ روز بعد از کاشت و گلدهی مشاهده می‌شود که با افزایش سن گیاه میزان خسارت به غشاء سلولی تحت شرایط تنش خشکی در کلیه ارقام افزایش می‌یابد. سن برگ، موقعیت برگ در ساقه و شدت تنش

مقایسه میانگین درصد خسارت به غشاء سلولی (جدول ۵) نشان داد که در این مرحله نیز رقم محلی خمین غشاء سلولی آسیب‌پذیرتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. در ضمن با مقایسه درصد خسارت به غشاء

سه رقم دیگر بود، همین رقم حداکثر سرعت فتوسنتز را در شرایط تنش در بین ارقام مورد مطالعه داشت. گزارش شده است که ارقامی که دارای غشاء سلولی پایدارتری هستند، سرعت فتوسنتز بیشتری نیز دارند (Sing, 1992).

خشکی در آسیب به غشاء سلولی موثرند، گزارش شده است که با افزایش سن گیاه و نزدیک شدن به مراحل پایانی دوره رشد گیاه، غشاء سلول آسیب پذیرتر خواهد شد. (Bandurska & Skoczek 1995). در بررسی حاضر پایداری غشای سلولی در رقم COS16 بیشتر از

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد خسارت به غشاء سلولی ارقام ارقام لوبیا چیتی در ۳۰ روز پس از کاشت و گلدهی

میانگین		
ارقام	۳۰ روز بعد از کاشت	گلدهی
تلاش	^b ۱۷/۹۴	^b ۳۵/۸۳
G14088	^b ۲۰/۸۹	^b ۳۰/۲۷
محلی خمین	^a ۳۰/۸۳	^a ۵۰/۶۴
COS16	^c ۱۱/۷۶	^c ۲۱/۷۷

مقایسه میانگین به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ صورت گرفته است

دار (۰/۶۹**) وجود داشت. بنابراین ارقامی که بتوانند در شرایط تنش یکپارچگی غشای سلول خود را حفظ کنند به دلیل برخورداری از سرعت فتوسنتز بالاتر از عملکرد دانه بیشتری برخوردار خواهند بود.

با توجه به ضرایب همبستگی (جدول ۶) بین درصد خسارت به غشاء سلولی و عملکرد دانه در شرایط تنش همبستگی (۰/۷۷**)، و بین فتوسنتز و درصد خسارت به غشاء سلولی نیز همبستگی منفی و معنی

جدول ۶- ضرایب همبستگی فتوسنتز، محتوی نسبی آب و درصد خسارت به غشاء با عملکرد دانه ارقام لوبیا چیتی در شرایط تنش

خشکی		
محتوی نسبی آب	خسارت به غشاء سلولی	فتوسنتز
		خسارت به غشاء سلولی
		محتوی نسبی آب
		عملکرد

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

REFERENCES

- Ahmad, S.E., Nawata, M., Hosokawa, Y., Domae, A. & Sakuratani, T. (2002). Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzyme activities of mungbean subjected to waterlogging. *Plant sci.* 136 (3), 257 – 269.
- Anyia, A. O. & Herzog, H. (2004). Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *Europ. Journal of Agronomy.* 20 (1), 327-339.
- Bandurska, H. & Skoczek, G.H. (1995). Cell membrane stability in two barley genotypes under water stress condition. *Acta Societ. Botani Poloniae.* 64 (1), 29-32.
- Bayoumi, T. Y., Manal, H. & Metwali, E.M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in bean genotypes. *African. J. Biotech.* 14 (6), 2341-2352.
- Blume, A. & Ebercon, A. (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science.* 27 (1), 43 – 47.
- Condon, A. G. & Richards, R.A. (1999). Broad sense heritability and genotype × environment interaction for carbon isotope discrimination in field-grown wheat. *Aust. J. Agric.* 43 (3), 921-934.

7. Dhanda, S. S. & Sethi, G.S. (2002). Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars. *J. Agric Sci.* 139 (10), 319-326.
8. Entz, M. H. & Flower, D. B. (1990). Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to pre-anthesis environmental stress. *Crop Science.* 30 (6), 1119-1123.
9. Fischer, R. A., Rees, D., Sayre, K. D., Lu, Z. M., Candon, A. G. & Saavedra, A. L. (1998). Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science.* 38 (1), 1467-1475.
10. Flexas, L. & Medrano, H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C₃ plant: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. *Ann. of Bot.* 89 (4), 183-189.
11. Huang, B. & Jiang, Y. (2004). *Physiological and biochemical responses of plant to drought and heat stress.* In: *Crop improvement: Challenges in The Twenty First Century.* Kang, M. S. (2th ed.). (Vol. 7). (pp. 287-313). Food product press.
12. Jabari, F., Ahmadi, A., Postini, K., & Alizadeh, H. (2006). The relationship between the activity of some antioxidant enzymes in the cell membrane stability and chlorophyll in wheat varieties. *Iranian Journal of Agricultural Sciences.* 37 (2), 307-316. (In Farsi).
13. Jiang, Y. & Huang, N. (2001). Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science.* 41 (4), 436-442.
14. Kobata, T., Palta, J. A. & Turner, N. C. (1992). Rate of development of photosynthesis water deficits and grain of spring wheat. *Crop Science.* 32 (7), 1238-1242.
15. Korir, P. C., Nyabundi, J. O. & Kimurto, P. K. (2006). Genotypic response common bean to moisture stress conditions in Kenya. *Asian. J. Plant Sci.* 5 (1), 24-32.
16. Kruger, G. H., Van Rensburg, J. L. & Mahtis, P. (1995). Carbon dioxide fixation: stomatal and non-stomatal limitations in drought stressed *Nicotina tobacum L.* cultivar. In: *Xth International Photosynthesis Congress, Montpellier, 11-13 Sep., France*, pp. 505-510.
17. Kumar, D. (2004). *Breeding for drought resistance.* In: *Abiotic stress: Plant resistance.*
18. Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stress: Water, Radiation, Salt and Other Stresses,* (2th ed.). Academic Press, NewYork, pp: 3-211.
19. Liu, F., Jensen, C. R. & Andersen, M. N. (2004). Pod set related to photosynthetic rate and endogenous ABA concentration in beans subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. *Ann of Bot.* 94 (7), 405-411.
20. Loggini, B., Scatazza, A., Brugnoli, E. & Navari-Izzo, F. (1999). Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. *Plant Physiol.* 119 (10), 1091-1099.
21. Merah, O. (2001). Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. *J. Agricultural Science.* 137(8), 139-145.
22. Ramirez-Vallejo, P. & Kelly, J. D. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Journal of Euphytica.* 99 (6), 127-136.
23. Rigoberto, R. S., Josue, K. S., Jorge Alberto, A. G., Carlos, T. L., Joaquin, O. C. & Kelly, J. D. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield indrought-stressed common bean cultivars. *Field Crops Res.* 85 (6), 203-211.
24. Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S., & Fujita, K. (2004). Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. *Environmental and Experimental Botany.* 52 (3), 131-138.
25. Sing, M., Srivastava, J.P. & Kumar, A. (1992). Cell membran stability in relation to droght tolerance in wheat genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 168 (11), 186-190.
26. Sullivan, C.Y. & Ross, W.M. (1979). *Selecting for drought and heat resistance in grain sorghum.* In: Mussel, H. & Staples, R.C. (eds), *Stress physiology in crop plants.* John Wiely and Sons, NewYork. Pp. 263-281.
27. Taize, L., & Zaiger, E. (2007). *ABA and drought adaptation.* (5th ed.). Chapter 25. P: 671-682.
28. Tanaka, A., & Tanaka, R. (2006). Chlorophyll metabolism. *Plant. Bio.* 9 (3), 248- 255.
29. Vasquez-Tello, A. (1990). Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological test for screening resistance to water stress in *Phaseolus* and *Vigna* species, *Journal of. Experimental Botany.*, 41 (8), 827-832.
30. Yang, R.C., Jana, S. & clarck, j.M . (1991). Phenotypic diversity and associations of some potentially drought – responsive characters in durum wheat. *Crop Science.* 31 (6), 1484-1491.